

PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN DE PLAYAS ARTIFICIALES Y REGENERACIÓN DE PLAYAS

IV. Construcción

CONSTRUCCION DE PLAYAS. EXPERIENCIAS EN ESPAÑA

Carlos París Solas

Gerente de Flota de DRAGADOS

Hendrik Wibbelink

Gerente de DRAVOSA

Juan Manuel Basabe Criado

Director Técnico de S.A.T.O.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los programas de defensa, conservación y regeneración de la costa es cada vez más frecuente la utilización de aportaciones de materiales granulares (en particular, arena) para la regeneración de playas y la construcción de playas artificiales.

Si este objetivo es deseable en sí mismo, como un medio más de conservación del entorno medioambiental, adquiere una significación especial en el caso de los países turísticos, como España, donde la disponibilidad de playas en condiciones óptimas de utilización es una exigencia permanente, que no se puede dejar de satisfacer por acciones naturales del entorno marino o por efectos inducidos por la actividad humana.

El material utilizado para la regeneración y construcción de playas artificiales puede ser de procedencia terrestre o marítima.

En el primer caso se obtiene de yacimientos naturales o del machaqueo de productos de cantera. En el segundo, el material procede de préstamos marinos disponibles al efecto o de la profundización de dársenas o canales de entrada próximos a la zona de actuación.

Generalmente se prefieren los materiales de procedencia marítima por su menor contenido en finos, mejor graduación y forma de los granos, color y aspecto más apropiados, etc. Es evidente que en zonas turísticas el aspecto estético de la playa adquiere un sobrevalor añadido.

Por otra parte, los grandes volúmenes requeridos con frecuencia en este tipo de proyectos, limitan la procedencia terrestre de los materiales, tanto por la propia capacidad de los yacimientos como por las

dificultades inherentes al transporte por vía terrestre de esos grandes volúmenes.

Vamos a centrar, por tanto, esta comunicación en el análisis de los procesos constructivos utilizados más frecuentemente para aportar a la línea de costa materiales arenosos procedentes de préstamos marinos.

FACTORES A CONSIDERAR

Son muchos los factores que influyen en la determinación del sistema de ejecución más conveniente en cada caso.

Estos factores están ligados a las características del préstamo a utilizar (zona de dragado), a las de la línea de costa donde se va a efectuar la aportación (zona de vertido) y a las de interrelación entre ambas. Sin olvidar los requerimientos específicos, que por otros motivos (de plazo, estacionales, medio-ambientales, etc..) puede exigir el Proyecto.

En cuanto a los factores a considerar en el proceso de dragado, cabe citar:

- Características geométricas del préstamo.
- Profundidad de extracción
- Granulometría del material
- Espesor de las capas a extraer
- Presencia de elementos extraños (bolos, rocas, pertrechos de navegación, etc.)
- Régimen de oleaje, vientos, corrientes y mareas
- Tráfico marítimo

Algunos de estos factores pueden determinar drásticamente la utilización de uno u otro equipo de extracción.

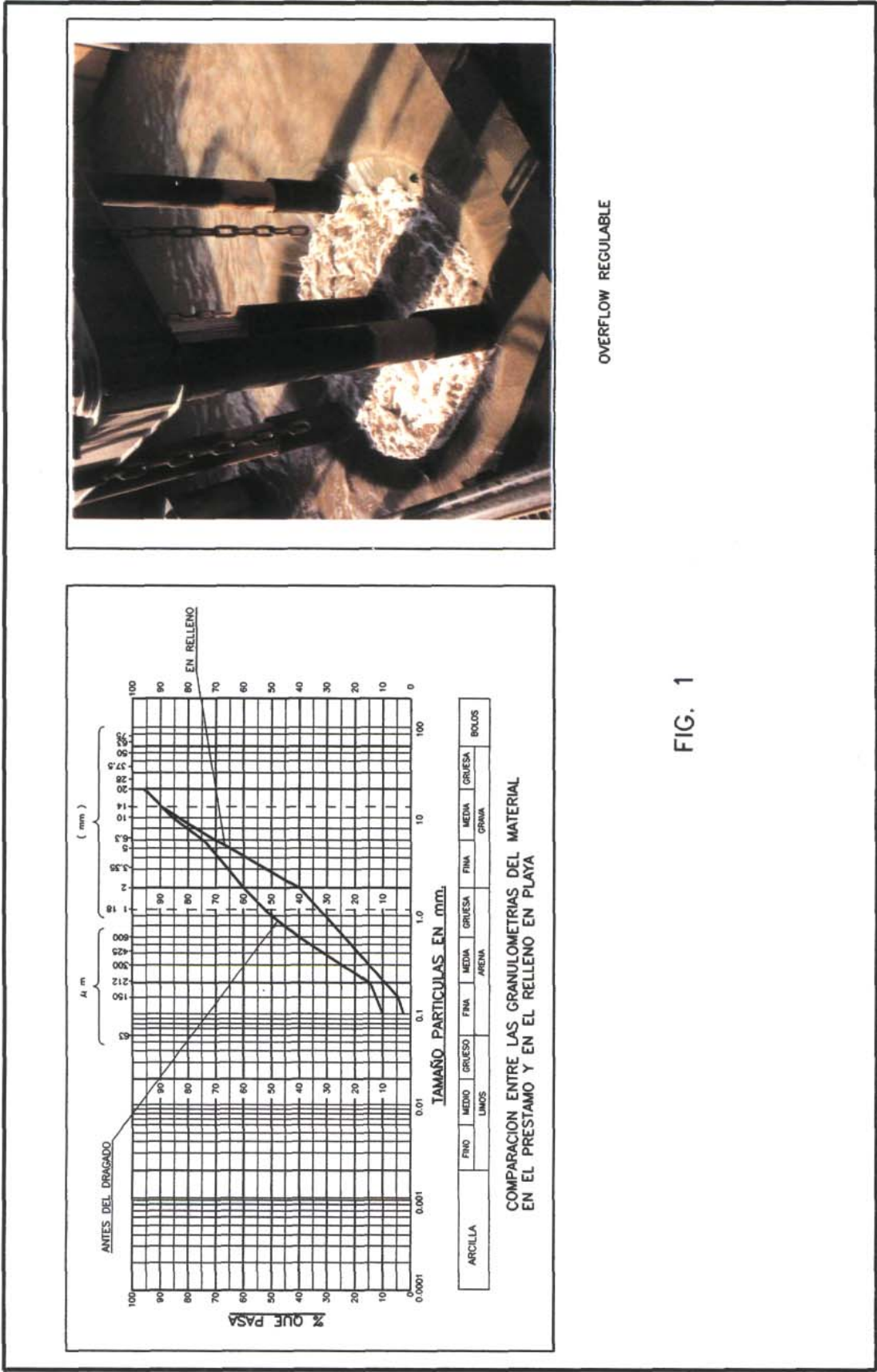


FIG. 1

Figura 1 a.

Ingeniería del Agua. Vol. 2 Num. Extraordinario (Abril 1995) p. 169

Así, para dragar a profundidades superiores a los 40 m. prácticamente sólo puede contarse con grandes dragas de succión en marcha. Igualmente, la limitación en el espesor de la capa a extraer puede hacer inviable la utilización de dragas de succión estacionarias o de cortador.

Entre los factores ligados a las características de la zona de vertido, son de destacar:

- Volumen de material a depositar
- Perfil de proyecto del relleno
- Extensión de la zona a rellenar
- Profundidades en el área adyacente
- Naturaleza del fondo
- Régimen de oleaje, viento y mareas

Junto en el volumen de material a depositar, las profundidades disponibles en la zona y el estado del mar, condicionan decisivamente el tipo de equipo a utilizar. Pequeñas profundidades, oleajes fuertes y fondos rocosos dificultan el acercamiento de las dragas a la costa, incrementándose así las longitudes de vertido.

El factor clave que interrelaciona la zona de dragado con la de vertido es la distancia existente entre ambas. Su magnitud determina con frecuencia la posibilidad de utilizar unos u otros equipos.

Esta distancia varía normalmente entre una y 30 millas náuticas, aunque dadas las crecientes dificultades de disponer de préstamos marinos, tanto por el agotamiento de algunos de ellos, como por los condicionantes medio-ambientales, pesqueros, etc., es de prever que en un futuro próximo estas distancias lleguen a superar las 75 millas náuticas.

Además de la distancia a la que se encuentra el préstamo, deben tenerse en cuenta las posibles restricciones que presenta el acceso a la zona de vertido: profundidades del trayecto, tráfico marítimo, existencia de área pesquera, etc..

En cuanto a los requerimientos específicos del Proyecto, pueden ser de muy distinta naturaleza: medioambientales, técnicos o socio-económicos.

Los requerimientos medioambientales relativos a la ejecución de los trabajos, suelen referirse a limitaciones en el área de extracción, para no dañar la fauna y flora submarinas existentes, y a limitaciones en la turbiedad ocasionada por el proceso de dragado.

El requerimiento técnico más relevante, exigido en ocasiones, es que el material depositado en la costa

alcance unas características granulométricas distintas a las que presenta en su estado actual en el préstamo marino. (Figura. 1).

Ello puede conseguirse, dentro de unos límites, utilizando dragas de succión en marcha que, mediante la regulación del nivel de rebose de su cántara, permiten eliminar los componentes más finos del material, mejorando así su composición granulométrica.

Los requerimientos socioeconómicos se centran generalmente en el establecimiento de unos determinados plazos de ejecución y en la limitación de operar en determinados periodos del año o zonas de la playa, como consecuencia de la afluencia turística en el área.

SISTEMAS DE APORTACIÓN DE ARENAS

La combinación de los distintos tipos de equipos disponibles en el mercado con las posibilidades de actuación derivadas de las características de cada proyecto, han dado lugar a diversos métodos de ejecución.

Los utilizados más frecuentemente han sido:

Impulsión Directa

En este método de ejecución el equipo realiza simultáneamente el dragado y vertido de los materiales. Es el caso de una draga de succión estacionaria o de una draga de cortador, que emplazadas en un préstamo cercano a la costa extraen la arena y, simultáneamente la impulsan a tierra por bombeo.

No es un método muy habitual, dado que no pueden utilizarse préstamos muy próximos a las playas sin correr el riesgo de atentar contra su estabilidad y las distancias alcanzables con este sistema, aún disponiendo de estaciones de reimpulsión, son limitadas y, en general, no superiores a los 4 Km.

En ocasiones este sistema se aplica cuando se draga en una instalación portuaria y se vierte en una playa próxima. Así se operó en el dragado del puerto de Gandía con vertido en la playa adyacente.

Para hacer posible la utilización de este sistema se requieren unas buenas condiciones de mar, ya que la operación de las dragas de cortador a mar abierto es problemática, mitigándose el problema cuando puede disponerse de grandes equipos de este tipo especialmente preparados al efecto (dragas sea-going).

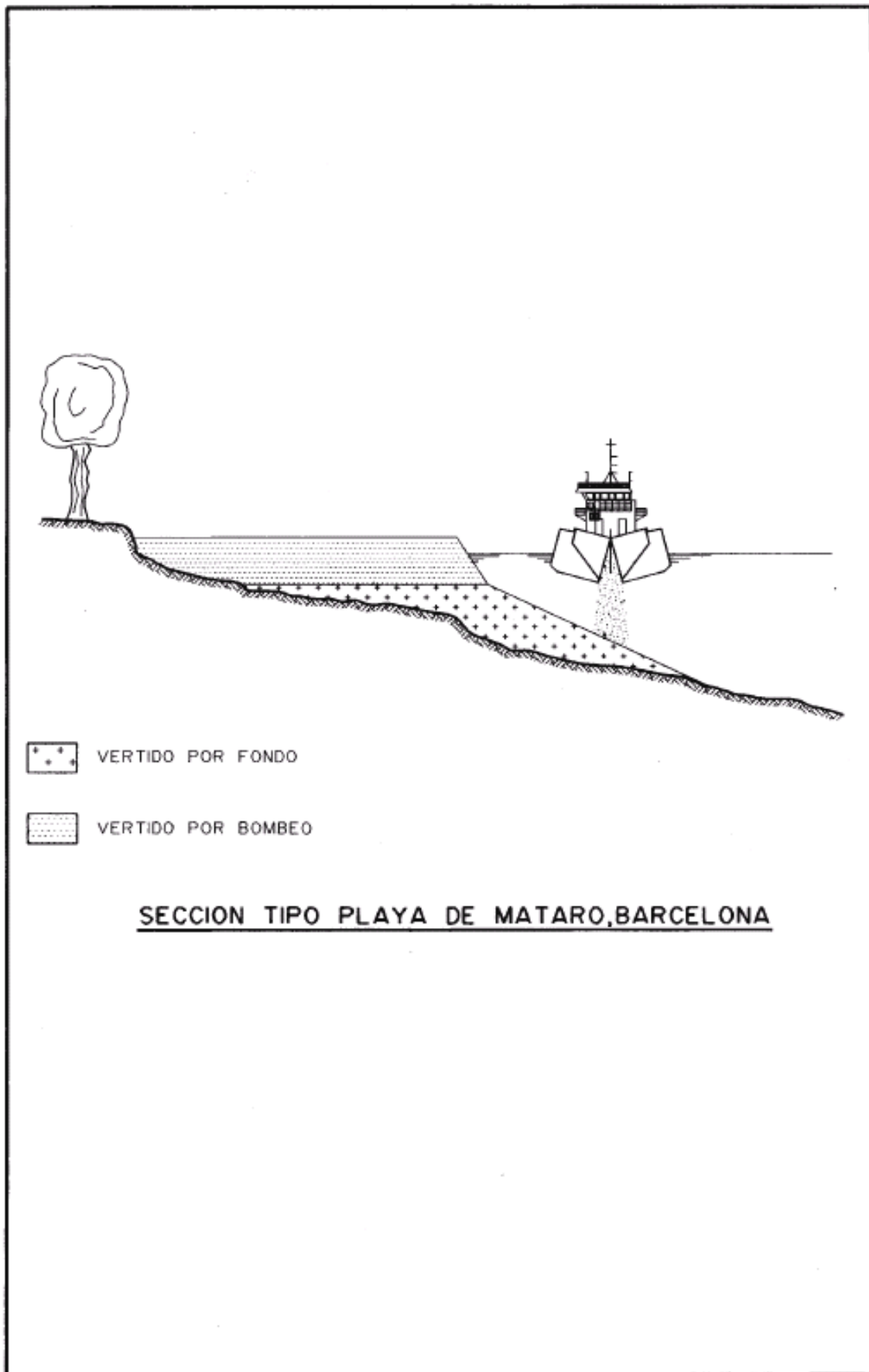
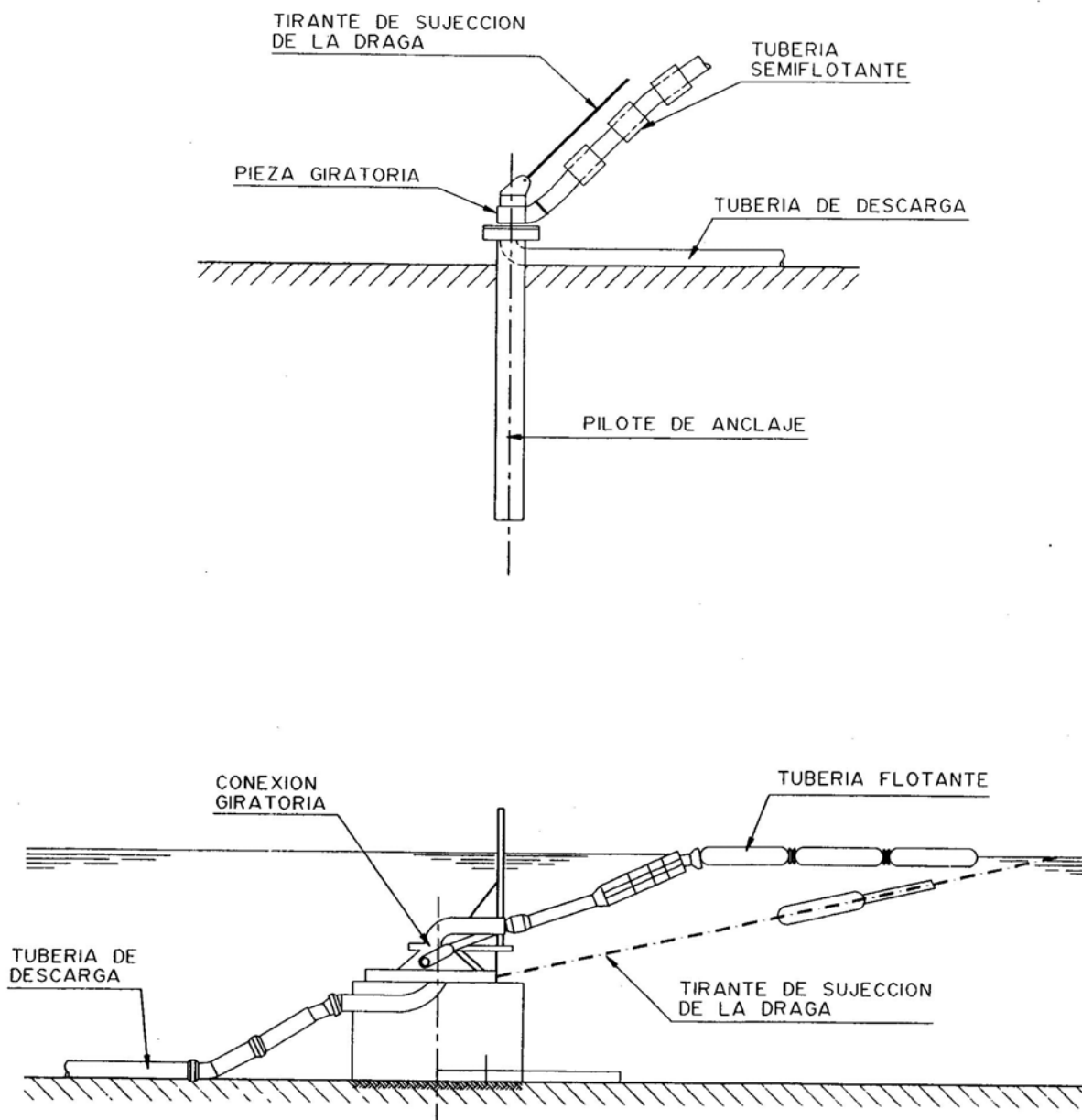


Figura 2.



SISTEMAS DE ANCLAJE

Figura 3.

Si las condiciones de mar son favorables pueden utilizarse tuberías flotantes para la descarga. En cualquier caso, de tipo autoflotante, ya que las clásicas tuberías de acero sobre flotadores soportan muy poco oleaje. En condiciones más desfavorables puede utilizarse una combinación de tubería sumergida y flotante. Esta última para permitir el desplazamiento de la draga en el proceso de extracción.

La ventaja de la Impulsión Directa es la alta producción que se obtiene y, en consecuencia, los bajos costes unitarios a que da lugar.

Por contra, este sistema no permite modificar apenas la granulometría del material, por eliminación de finos. Solamente se eliminan las partículas más finas en el proceso de lavado que tiene lugar durante el vertido del material en el perfil de la playa.

Carga y Vertido Directo

Este sistema se basa en la posibilidad de verter en la playa descargando directamente por fondo, el material que el equipo de dragado (o de transporte) ha almacenado en su interior.

El vertido puede efectuarse utilizando dragas de succión en marcha de poco calado o mediante gánguiles de vertido por fondo que previamente han sido cargados por una draga de rosario o de cortador.

Este método puede utilizarse para verter únicamente en la parte más baja del perfil de playa a conseguir (caso de la regeneración de la playa de Mataró en 1.994. Figura. 2) o, en combinación con la marea, acometer el relleno en su totalidad. En esta alternativa la operatividad de la draga o los gánguiles puede verse limitada al tener que trabajar básicamente en el entorno de las pleamares.

La posibilidad de utilizar este método depende de que la draga o los gánguiles puedan aproximarse suficientemente a la cabeza de playa para realizar el vertido en el lugar requerido y, por tanto, del talud que ésta presente. En ocasiones, con condiciones de mar muy favorables, las embarcaciones se adentran en la playa hasta tocar con su proa en el fondo.

Aunque el sistema es bastante económico, dado que requiere utilizar dragas o gánguiles de poco calado y, en consecuencia, de reducido tamaño, sólo es aplicable para proyectos de pequeños volúmenes de aportación (menos de 250.000 m³)

Carga y reimpulsión

En este sistema de ejecución una draga de succión en marcha carga su cántara en la zona de préstamo, navega hasta un punto situado en las proximidades de la costa y desde allí reimpulsa el material de su propia cántara a la playa.

En general, la reimpulsión del material se efectúa a través de tuberías flotantes o sumergidas, si bien en ocasiones, con pequeñas dragas y playas de mucha pendiente, el material se puede impulsar a tierra mediante un cañón instalado en proa.

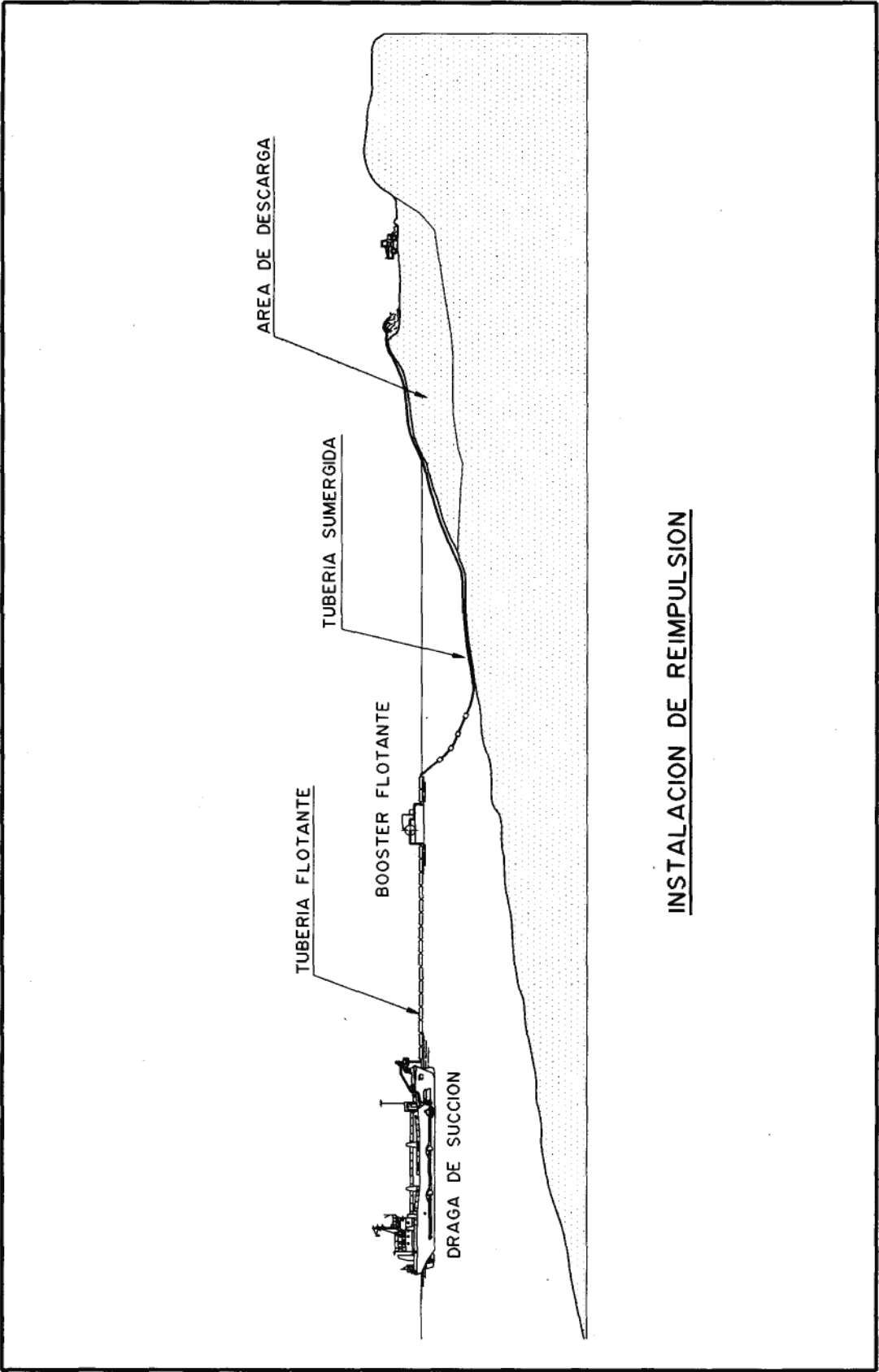
La distancia a la que debe situarse la draga depende de su calado y de la pendiente de la playa. Por tanto, debe buscarse el equilibrio entre las dragas de gran tamaño, que suelen tener un menor coste unitario de extracción y transporte, y las más pequeñas que tienen un menor coste de reimpulsión al poder acercarse más a la costa.

Para distancias cortas y oleaje moderado suelen utilizarse tuberías autoflotantes. En el caso de grandes distancias y oleaje más severo se suele recurrir a tuberías submarinas con un tramo flotante en la zona de unión a la draga.

Las dragas modernas disponen de unos dispositivos en proa que permiten acoplar con facilidad la tubería autoflotante para realizar el bombeo. Mientras la draga está bombeando debe permanecer en el entorno de un mismo punto para no someter a esfuerzos a la tubería. En el caso de dragas pequeñas esta inmovilización puede conseguirse simplemente con la acción de las hélices (de popa y transversales). Para las dragas grandes es necesario disponer un sistema de anclaje. (Figura. 3).

Para la reimpulsión del material las dragas complementan la acción de su bomba de dragado con la de una estación de reimpulsión instalada a bordo. En algunos casos, donde la distancia de vertido no puede ser alcanzada por la propia draga, se disponen estaciones de reimpulsión auxiliares (flotantes o en tierra). (Figura. 4).

Este sistema es el más utilizado en la regeneración y construcción de playas, ya que es muy flexible y jugando con el tamaño de la draga o con una combinación de varias de ellas, casi siempre se puede encajar una solución que se adapte a las características del proyecto.



INSTALACION DE REIMPULSION

Figura 4.

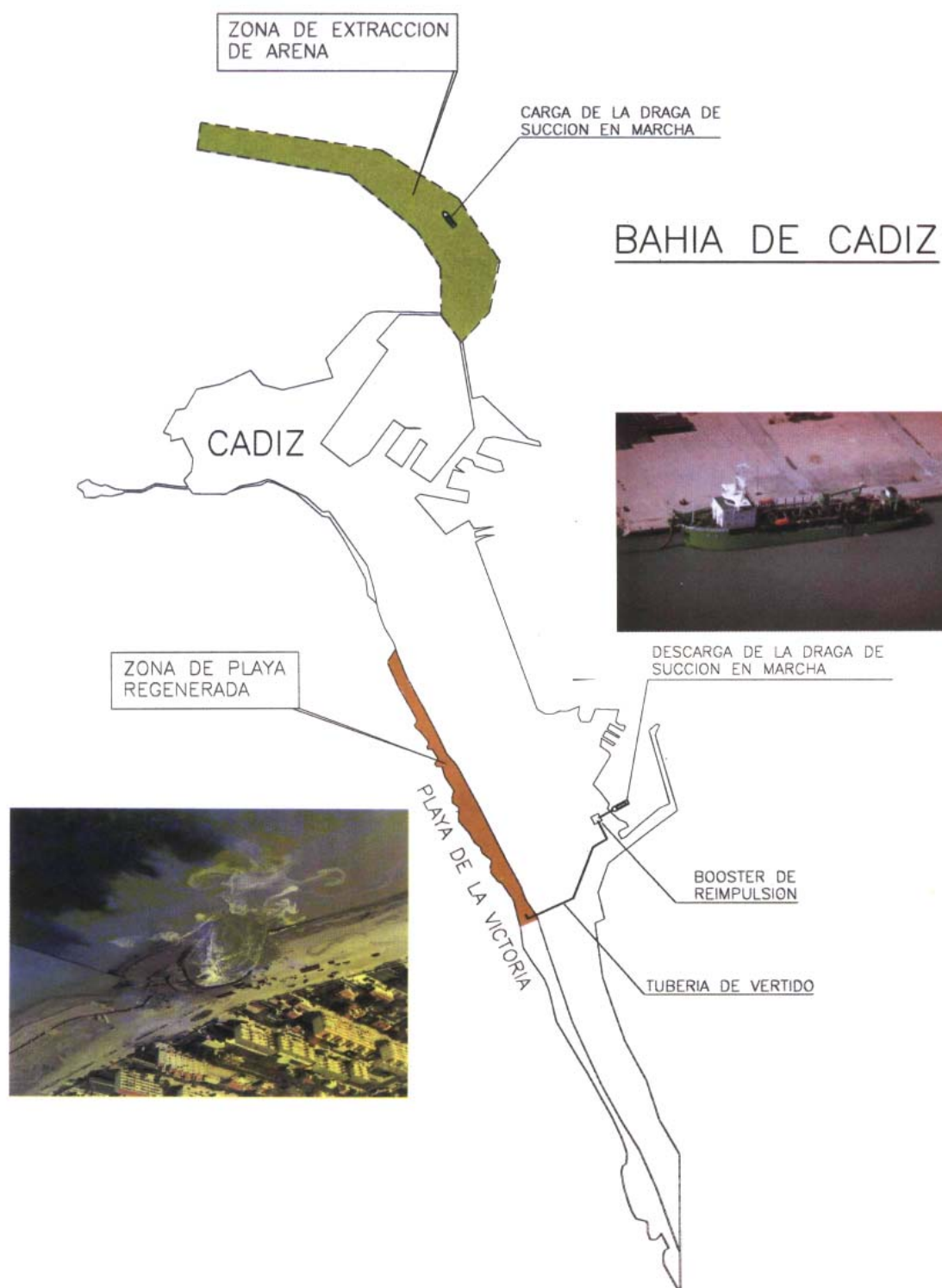


Figura 5 a.

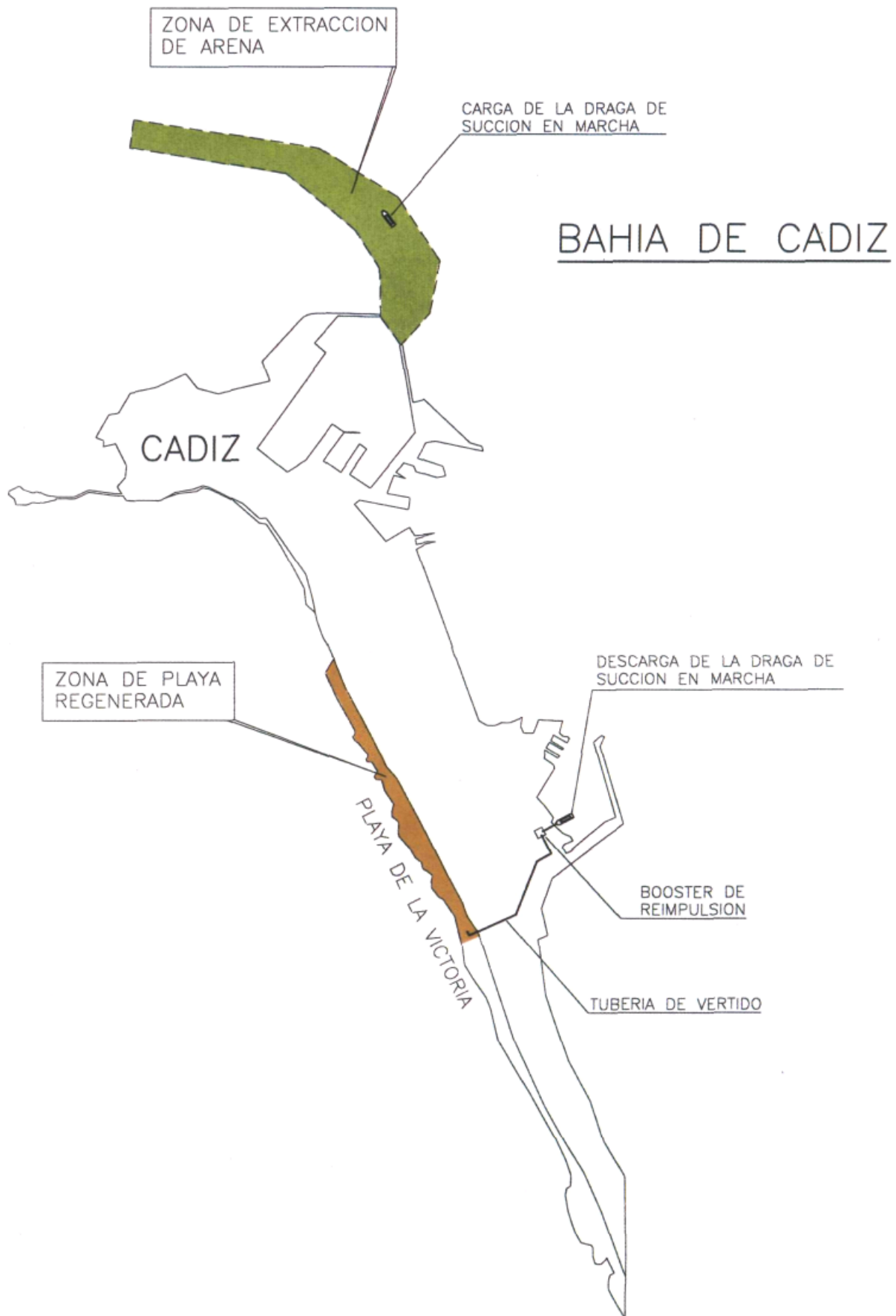


Figura 5 b.

En España se han depositado en las playas, por este procedimiento, decenas de millones de metros cúbicos, tanto procedentes de préstamos marítimos, que es lo más habitual, como procedentes de dragados portuarios, como fue el caso de la regeneración de la playa de la Victoria de Cádiz. (Figura. 5).

Carga, Vertido y Reimpulsión

En este sistema el material es dragado en la zona de préstamos por una draga de succión en marcha que llena su cántara o por dragas de rosario o cortador que cargan gánguiles. Es llevado posteriormente a las proximidades de la playa para ser vertido por fondo y, finalmente, es vuelto a dragar y reimpulsado a tierra por una draga de succión, de cortador, o incluso por otra draga de succión en marcha de menor tamaño.

En principio, este sistema es más complejo y costoso ya que se producen dos dragados, un vertido y una reimpulsión, pero en determinadas condiciones puede resultar rentable, ya que el coste de una draga de succión en marcha reimpulsando desde su cántara puede ser superior al de otro medio redragando y reimpulsando el material.

Es el caso de aquellas regeneraciones donde siendo muy grande la distancia al préstamo es casi obligatorio el uso de dragas de succión en marcha de gran tamaño, que abaraten el transporte, y el coste de reimpulsar a tierra con estas dragas supera al de una de cortador o de succión en marcha de menor tamaño. Este procedimiento ha sido utilizado en la regeneración de algunas playas del litoral malagueño.

En el caso de utilizar dragas de cortador para la reimpulsión, el sistema está limitado por la capacidad de estos equipos para soportar el oleaje reinante.

En un futuro, para zonas litorales con escasez de préstamos marinos disponibles, será planteable el transportar arenas con grandes medios, no necesariamente de dragado, desde elevadas distancias, realizar acopios sobre el fondo marino y proceder, posteriormente a su redragado y bombeo a tierra.

En la Tabla I se resumen los distintos métodos de ejecución de las aportaciones de arenas, con indicación de sus ventajas e inconvenientes más relevantes.

En la Tabla II se refleja la aplicabilidad de cada tipo de draga a las diversas características de los proyectos.

CONTROL DE LAS OPERACIONES

Son muchos los controles productivos y de calidad de ejecución que se efectúan a lo largo del proceso. En cuando al dragado cabe destacar:

- *Posicionamiento de la draga.* Para comprobar que se está dragando en el emplazamiento

previsto se puede disponer de distintos elementos: radar, boyas, sextante, apoyo topográfico, radioposicionamiento, DGPS, etc., dependiendo del tipo de draga.

- *Calado de trabajo.* Para comprobar que el elemento extractor (cabezal de succión, cortador, rosario, etc.) está dando el calado deseado, se dispone a bordo de indicadores digitales y gráficos.
- *Profundización del dragado.* Para conocer en cada momento, el espesor de la capa de material extraído, se efectúa un reconocimiento batimétrico inicial y continuos reconocimientos del mismo tipo a lo largo de la ejecución del dragado. Para ello se dispone de ecosondas con compensador de oleaje y radioposicionamiento o DGPS.
- *Calidad de las arenas.* Mediante ensayos granulométricos y otros análisis se comprueba periódicamente que la arena que se está dragando responde a las características de tamaño, color, etc. exigidas en el proyecto.
- *Nivel de rebose.* En las dragas de succión en marcha se ajusta constantemente para conseguir la eliminación de finos exigida en su caso.
- *Productividad.* Para comprobar que se está dragando en condiciones óptimas de rendimiento se dispone a bordo de distintos indicadores dependiendo del tipo de draga (medidores de velocidad y de concentración en las tuberías, llenado de la cántara, velocidad de navegación, velocidad de borneo, revoluciones del cortador, etc.)

Por lo que respecta al vertido, los controles principales realizar son:

- *Medición del volumen depositado.* Esta medición se realiza en perfil de playa o en la cántara de la draga, según los casos. Cuando se realiza en la playa se efectúa mediante levantamientos topográficos. Cuando se realiza en la cántara se lleva a cabo partiendo de una tabla de cubicaciones expedida por una Sociedad de Clasificación y tomando sondas de acuerdo con una distribución previamente establecida.
- *Control de los niveles de Proyecto.* Se efectúa mediante continuos levantamientos topográficos y batimétricos.
- *Control de las pérdidas.* Se realiza mediante la comparación de los volúmenes extraídos en cántara (o en perfil de dragado), con los existentes en el perfil de playa.

- Calidad de las arenas. Se efectúa al igual que en el proceso de dragado.
- *Controles productivos.* A los realizados por los indicadores de a bordo en los procesos de bombeo, se unen los encargados de optimizar la disposición de las tuberías de distribución, a lo largo de la playa, y el reparto y nivelación de la arena con medios terrestres.

Finalmente, después de esta visión general de los métodos y problemática de la aportación de arenas para la conservación y regeneración de playas, vamos a resumir en pocas cifras los trabajos de este tipo llevados a cabo en nuestras costas durante los últimos diez años, así como comentar su coste y beneficio social aportado.

El mantenimiento, mejora y regeneración de la costa es promovido por todos los organismos del Estado. Fundamentalmente el M.O.P.T.M.A. es el que dedica más presupuesto, tanto en construcción como proyectos e investigación de yacimientos; pero también acometen este tipo de actuaciones las Autonomías con línea de costa, las Diputaciones e incluso algunas Corporaciones Locales, dentro cada uno de su ámbito de intervención administrativa.

Ciñéndonos a la obra licitada para la Dirección General de Costas, con mucho, el mayor inversor en este tipo de proyectos, en la siguiente tabla se resume el volumen total de arenas aportado en los últimos diez años en trabajos de mantenimiento o recuperación de playas, así como el presupuesto total (sin incluir I.V.A.), en dichas obras.

AÑO	VOLUMEN DE ARENA m ³	COSTE TOTAL (Pías)
1984	1.627.212	646.445.335
1985	1.176.704	620.273.747
1986	5.810.863	2.229.104.871
1987	1.645.702	681.350.921
1988	4.761.511	2.297.272.702
1989	4.779.570	2.153.827.540
1990	8.258.602	3.313.086.134
1991	2.256.488	1.940.915.389
1992	3.764.310	2.210.480.112
1993	11.347.899	5.671.698.455
1994	7.815.123	2.713.934.250
TOTAL	53.243.984	24.478.389.456

En síntesis, en este periodo de tiempo se han aportado por término medio más de cinco millones de metro cúbicos de arena al año a un coste medio, sin impuestos y sin tener en cuenta la inflación, de unas

460 Pts/m³.

Esta cifra no representa nada más que un valor promedio, ya que el coste de la regeneración o protección de playas, es función de muchos factores, muy distintos para cada proyecto:

En lo que se refiere sólo a la aportación de arena, el coste varía grandemente dependiendo de los métodos y equipos utilizados, como ya se ha comentado y se resume en la Tabla I. De todos ellos, el factor que más influye en la elección del equipo adecuado y por tanto en el precio, es la distancia de transporte, obligada por la situación del préstamo de donde se obtiene la arena y que depende a su vez del tamaño de arena requerido, de las características geomorfológicas de la zona de costa en donde se lleva a cabo la actuación y de condicionantes de tipo ecológico o medio-ambiental. También, según la situación geográfica, tiene mayor o menor influencia el mar y la climatología marítima, aumentando los periodos de inactividad forzada por temporales y el coste en definitiva del proyecto.

Por otro lado, dependiendo de los vientos y corrientes dominantes, la batimetría y geometría de la costa, el proyecto puede exigir obras auxiliares como la construcción de diques laterales o semisumergidos frente a la playa, que sirvan para la contención de la arena. En muchos casos se requiere así mismo la demolición de estructuras existentes obsoletas. La repercusión económica de estas obras en playas pequeñas puede suponer tanto como la partida de aportación de arena.

Pero en todo caso, a partir del valor citado - con las salvedades hechas anteriormente - se puede estimar que una actuación tipo de regeneración de playas con una aportación de 750.000 m³, supone una inversión de unos 350 millones de pesetas.

Esta cifra es realmente baja si se compara con los beneficios socio-económicos que se derivan para un país eminentemente turístico como España, sobre todo si se tiene en cuenta, a título referencia!, que por este precio no cabe ejecutar más allá de un kilómetro de autovía.

CONCLUSIONES

Como conclusión, creemos que el crecimiento espectacular que está teniendo en los últimos años el turismo en España, unido al hecho de que el comportamiento de las playas regeneradas es cada vez mejor gracias al conocimiento actual de la dinámica litoral y la experiencia obtenida en las obras realizadas, hará que se consolide progresivamente la idea de rentabilidad económica y social que puede generar la inversión pública en este tipo de actuaciones.

TABLA 1. METODOS DE EJECUCIÓN PARA LA AORTACIÓN DE ARENAS.

METODOS ME EJECUCION	EQUIPOS UTILIZABLES			VENTAJAS	INCONVENIENTES
	DRAGADO	VERTIDO	REIMPULSION		
IMPULSION DIRCETA	Draga de succión estacionaria		Estación reimpulsora (En su caso)	Bajo coste	Limitación par oleaje y distancia de impulsión. Necesidad frecuente de reimpuisión. No se eliminan los finos
	Draga de cortador		Estación reimpulsora (En su caso)	Bajo coste Alta producción	
CARGA Y VERTIDO DIRECTO	Draga de rosario Draga de corlador	Gánguiles de vertido por fondo	No existe	Bajo Coste	Limitación por calado y oleaje. Trabajo discontinuo po régimen de mareas No apropiado para grandes volúmenes
	Draga de succión en marcha		No existe		
CARGA Y REIMPULSION	Draga de succión en marcha		Estación reimpulsora (en su caso)	Mayor flexibilidad Menor fimitación por oleaje.	Mayor coste doble bombeo del material (dragado y raimpulsión)
CARGA VERTIDO Y REIMPULSION	Draga de rosario Draga de cortador	Gánguiles de vertido por fondo	Draga de succión est. Draga de cortador Ó Draga de succión en marcha	Menor coste para préstamos lejanos	Mayores pérdidas de material. Mayor coste para préstamos cercanos. Requiere coordinación de varios equipos

TABLA 2. APLICABILIDAD DE LOS EQUIPOS DE DRAGADO A LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

<div> <div>APLICABILIDAD DE LOS EQUIPOS</div> <div>CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO</div> </div>	DRAGA DE SUCCION EN MARCHA			DRAGA DE CORTADOR	DRAGA DE SUCCION ESTACIONARIA	DRAGA DE ROSARIO
	Grande	Media	Pequeña			
<u>Distancia del préstamo</u> Corta (< 2 kms) Media (2 · 15 kms) Larga (> 15 kms)	Dudosa	Si	Si	Si	Si	Si (Cargar gánguiles)
	Si	Si	Dudosa	Si (Cargar gánguiles)	No	Si (Cargar gánguiles)
	Si	No	No	Dudosa (Cargar gánguiles)	No	Dudosa (Cargar gánguiles)
<u>Calados en cabeza de playa</u> Escaso (< 5,0 m) Medio (5,0 – 9,0m) Alto (> 9,0 m)	No	Dudosa	Si	-	-	-
	Dudosa	Si	Si	-	-	-
	Si	Si	Si	-	-	-
<u>Extensión de playa</u> Corta (< 2 kms) Media (2 - 6 kms) Larga (> 6 kms)	Dudosa	Si	Si	Si	Si	Si (Cargar gánguiles)
	Si	Su	Si	Si	Dudosa	Dudosa
	Si	Si	Dudosa	Dudosa	Dudosa	No
<u>Tamaño del Proyecto</u> < 100.000 m3 < 100.000 m3 – 500.000 m3 500.000 m3 – 1.500.000 m3 > 1.500.000 m3	No	No	Si	No	Si	No
	No	Dudosa	Si	Dudosa	Si	Dudosa
	Si	Si	Dudosa	Si	Dudosa	Si (Cargar gánguiles)
	Si	Dudosa	No	Si	No	Si (Cargar gánguiles)